المملكة المغربية
وزارة التربية الوطنية
والتكوين المهني
والتعليم العالي والبحث العلمي
المركز الوطني للتقويم والامتحانات

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا
المسالك الدولية
الدورةالعادية 2020
- الموضوع –

SSSSSSSSSSSSSSSSSSSS	NS 28F

المادة	الفيزياء والكيمياء	مدة الإنجاز	3
الشعبة أو المسلك	شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية (خيارفرنسية)	المعامل	7

L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé.

On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.

Le sujet comporte 5 exercices

Exercice I (7 points) :

- Etude d'une solution aqueuse d'ammoniac
- Etude de la pile argent-chrome

Exercice II (3 points) :

- Propagation des ondes

Exercice III (2,5 points) :

- Désintégration du polonium 210

Exercice IV (5 points) :

- Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension
- Etude de l'amortissement et de l'entretien des oscillations dans un circuit RLC série

Exercice V (2,5 points) :

- Etude du mouvement de chute verticale d'une bille dans un liquide visqueux

Barème

EXERCICE I (7 points)

Les parties 1 et 2 sont indépendantes

Partie 1 : Etude d'une solution aqueuse d'ammoniac

L'ammoniac NH_3 est un gaz qui, dissous dans l'eau, donne une solution basique d'ammoniac. Des solutions commerciales d'ammoniac sont utilisées, après dilution, comme produits de nettoyage.

Cette partie de l'exercice se propose d'étudier une solution aqueuse d'ammoniac.

On prépare une solution aqueuse S_b, de volume V, en diluant 100 fois une solution commerciale d'ammoniac S_0 de concentration C_0.

Données :

- toutes les mesures sont effectuées à 25°C ;
- le produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$.

1. Dosage de la solution S_b

On réalise un dosage pH-métrique d'un volume V_b = 15 mL de la solution S_b de concentration C_b par une solution aqueuse S_a d'acide chlorhydrique $H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$ de concentration $C_a = 10^{-2} mol.L^{-1}$.

La courbe de la figure1 représente les variations du pH du mélange en fonction du volume V_a versé de la solution S_a: $pH = f(V_a)$.

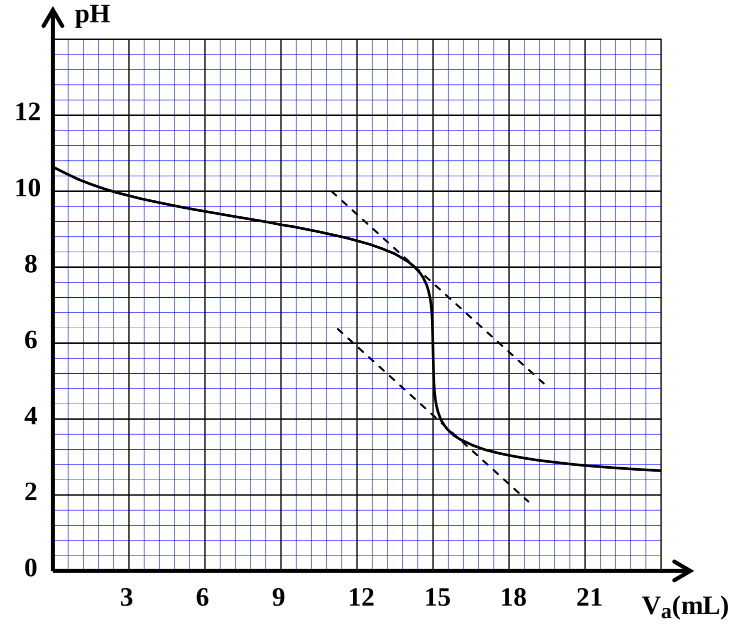


Figure 1

0,5 **1.1.** Ecrire l'équation de la réaction de dosage.

0,5 **1.2.** Ecrire, à l'équivalence, la relation entre C_b, C_a, V_b et V_{aE} le volume versé de la solution S_a à l'équivalence.

0,5 **1.3.** Montrer que la concentration de la solution S_b est: $C_b = 10^{-2} mol.L^{-1}$. En déduire C_0.

0,5 **1.4.** Choisir, parmi les indicateurs colorés suivants, l'indicateur adéquat pour réaliser ce dosage. Justifier votre réponse.

Indicateur coloré	hélianthine	rouge de méthyle	phénolphtaléine
Zone de virage	3,1 – 4,4	4,2 – 6,2	8,2 – 10

2. Etude de la solution S_b

La mesure du pH de la solution aqueuse S_b donne: pH = 10,6.

0,5 **2.1.** Ecrire l'équation de la réaction de l'ammoniac avec l'eau.

0,75 **2.2.** Calculer la concentration molaire effective des ions hydroxyde HO^- dans la solution S_b.

0,5 **2.3.** Calculer le taux d'avancement final τ de cette réaction.

0,5 **2.4.** Vérifier que le quotient de la réaction à l'équilibre est: $Q_{r,éq} = 1,65.10^{-5}$.

0,5 **2.5.** En déduire la valeur du pK_A du couple NH_4^+ / NH_3.

Partie 2 : Etude de la pile argent-chrome

Cette partie se propose d'étudier une pile électrochimique.

Cette pile est constituée :

- d'une électrode en chrome (Cr) plongée dans une solution aqueuse de nitrate de chrome (III) $Cr^{3+}_{(aq)} + 3NO^{-}_{3(aq)}$;
- d'une électrode en argent (Ag) plongée dans une solution aqueuse de nitrate d'argent $Ag^{+}_{(aq)} + NO^{-}_{3(aq)}$;
- d'un pont salin qui relie les deux solutions.

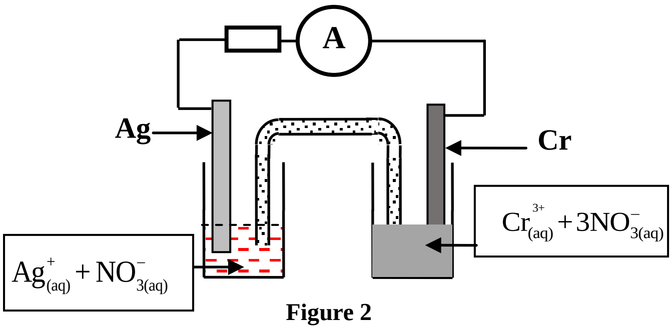


Figure 2

On branche un conducteur ohmique en série avec un ampèremètre, et on place le dipôle, ainsi constitué, entre les pôles de la pile (figure 2).
L'ampèremètre indique le passage d'un courant électrique, d'intensité constante, dans le circuit.
Après une durée Δt de fonctionnement de la pile, on observe un dépôt sur l'électrode d'argent et une diminution de la masse de l'électrode de chrome.

Données :

- Masse molaire du chrome : $M(Cr) = 52\ g.mol^{-1}$;
- $1F = 96500\ C.mol^{-1}$.

0,5 **1.** Préciser l'anode de la pile. Justifier.
0,5 **2.** Représenter le schéma conventionnel de la pile.
0,75 **3.** Ecrire les équations aux électrodes ainsi que l'équation bilan lors du fonctionnement de la pile.
0,5 **4.** Sachant que la quantité d'électricité débitée par la pile pendant la durée Δt est : $Q = 5,79\,C$, déterminer la variation Δm de la masse de l'électrode de chrome.

EXERCICE II (3 points)

Propagation des ondes

I - Recopier le numéro de la question et écrire, parmi les affirmations proposées, la lettre qui correspond à la réponse juste.

0,25 **1.** Lors de la propagation d'une onde:

A	il y a transport de la matière et il n'y a pas transport de l'énergie	**C**	il n'y a ni transport de la matière ni transport de l'énergie
B	il y a transport de l'énergie et il n'y a pas transport de la matière	**D**	il y a transport de la matière et de l'énergie

0,25 **2.** Une onde est dite transversale si:

A	la perturbation se fait dans la même direction que celle de la propagation	**C**	la perturbation se fait perpendiculairement à la direction de la propagation
B	elle se propage dans le vide	**D**	la propagation se fait sans amortissement

0,25 **3.** Le son est une onde :

A	électromagnétique	**C**	mécanique longitudinale
B	mécanique transversale	**D**	qui se propage dans le vide

0,25 **4.** Lors de la diffraction d'une onde:

A	il y a modification de la fréquence	**C**	il y a modification de la célérité
B	il y a modification de la longueur d'onde	**D**	la fréquence, la longueur d'onde et la célérité ne sont pas modifiées

0,25 **5.** On considère un point M de la surface de l'eau où se propage une onde progressive. Ce point M reprend le même mouvement que celui de la source S avec un retard temporel τ .

La relation entre l'élongation du point M et celle de la source est:

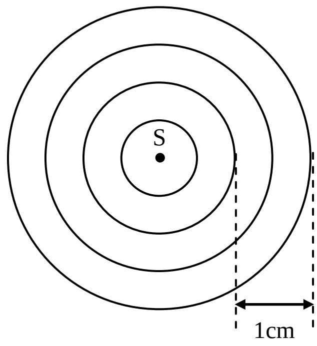
A	$y_M(t)=y_s(t+\tau)$	**C**	$y_M(t)=y_s(t+2\tau)$
B	$y_M(t)=y_s(t-2\tau)$	**D**	$y_M(t)=y_s(t-\tau)$

II - La pointe S d'un vibreur crée une onde progressive sinusoïdale de fréquence N à la surface libre de l'eau d'une cuve à ondes.

L'onde, ainsi créée, se propage sans amortissement ni réflexion avec une célérité $v = 0,25\ m.s^{-1}$.

La figure ci-contre reproduit l'aspect de la surface de l'eau à un instant t_1.

Les lignes circulaires représentent les crêtes.



0,5 **1.** En exploitant la figure ci-contre, déterminer la longueur d'onde λ .

0,5 **2.** Trouver la fréquence N de l'onde.

0,75 **3.** On considère un point M de la surface de l'eau situé à une distance $d = 5cm$ de la source S. Calculer le retard temporel τ du mouvement de M par rapport à celui de la source S.

EXERCICE III (2,5 points)

Désintégration du polonium210

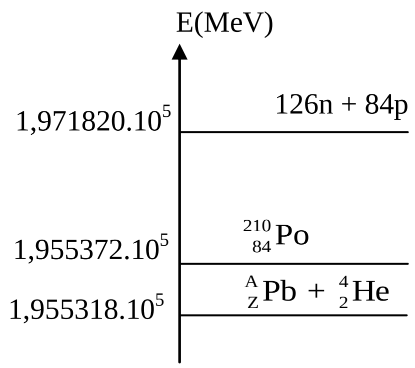
Le polonium est un métal radioactif rare découvert en 1898 par Pierre Curie. Ce métal de symbole Po et de numéro atomique 84 est radioactif. Le polonium 210 est le seul isotope que l'on trouve dans la nature. La désintégration d'un noyau de polonium 210 produit un noyau de plomb ${}^{A}_{Z}Pb$ avec émission d'une particule α.

Données :

- La demi-vie du polonium 210 : $t_{1/2} = 138$ jours ;
- $1u = 931,41\ MeV/c^2$; $1\ u = 1,66.10^{-27}$ kg.

0,5 **1.** Ecrire l'équation de désintégration du polonium 210 en déterminant A et Z.

2. A l'aide du diagramme d'énergie représenté ci-contre, calculer :



0,5 **2.1.** l'énergie libérée $E_{\ell ib}$ lors de la désintégration d'un noyau de polonium 210.

0,5 **2.2.** le défaut de masse Δm du noyau de polonium 210 exprimé en kilogramme (kg).

0,5 **3.** Calculer, en s^{-1}, la constante radioactive λ du polonium 210.

0,5 **4.** Un échantillon de noyaux de polonium 210 a une activité $a_0 = 3,5.10^{11} Bq$ à un instant de date t = 0.

Déterminer, en jours, l'instant de date t_1 où l'activité de cet échantillon est: $a_1 = 3,7.10^4$ Bq.

EXERCICE IV (5 points)

Les condensateurs et les bobines constituent les éléments principaux de la plupart des appareils électriques et électroniques.

Cet exercice se propose d'étudier :

- la réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension.
- la décharge d'un condensateur dans un dipôle RL.
- l'entretien des oscillations dans un circuit RLC série.

I - Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension

On réalise le montage schématisé sur la figure1.

Ce montage comporte :

- une bobine d'inductance L et de résistance r ;
- un conducteur ohmique de résistance $R = 90\,\Omega$;
- un générateur de force électromotrice E et de résistance interne négligeable ;
- un interrupteur K.

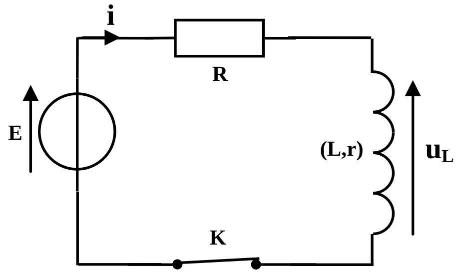


Figure 1

On ferme l'interrupteur à un instant de date t = 0.

Un système d'acquisition informatisé permet de tracer les courbes (C_1) et (C_2) représentant successivement l'évolution de l'intensité du courant i(t) traversant le circuit et l'évolution de la tension $u_L(t)$ aux bornes de la bobine.

La droite (T) représente la tangente à la courbe (C_1) à t = 0. (figure 2).

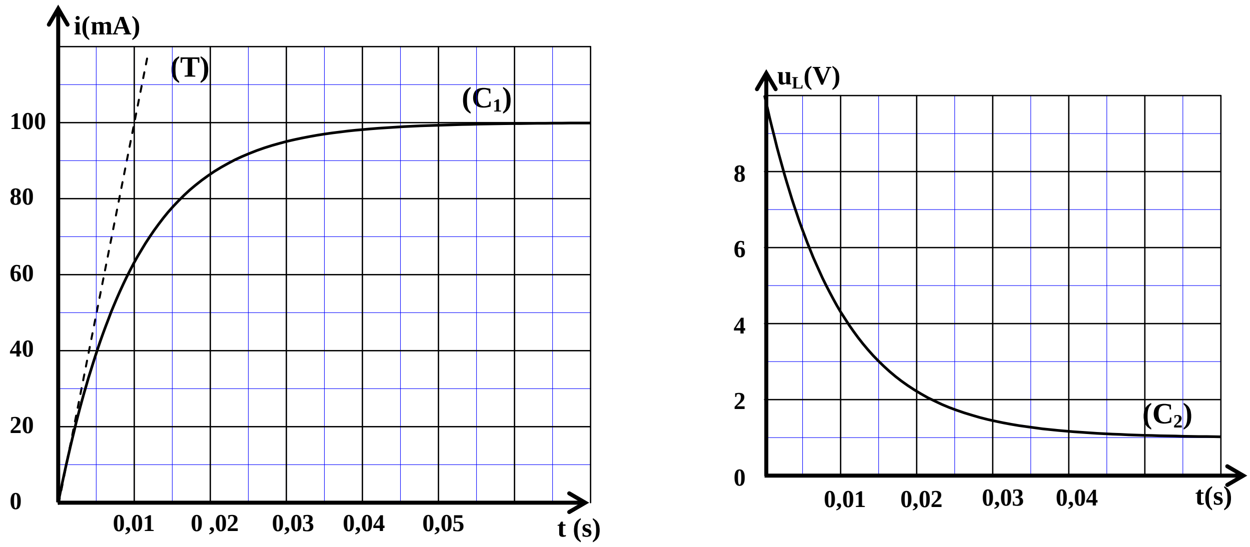


Figure 2

0,5 **1.** Montrer que l'équation différentielle vérifiée par l'intensité du courant i(t) s'écrit ainsi:

$$\frac{di}{dt}+\frac{R+r}{L}.i=\frac{E}{L}$$

0,5 **2.** En exploitant les deux courbes (C_1) et (C_2) , lorsque le régime permanent est atteint, déterminer la valeur de r.

0,5 **3.** Vérifier que L = 1H.

II - Décharge d'un condensateur dans un dipôle RL

On monte en série, à un instant choisi comme nouvelle origine des dates t =0, un condensateur de capacité C, totalement chargé, avec la bobine précédente et un conducteur ohmique de résistance $R = 90\,\Omega$. (figure 3).

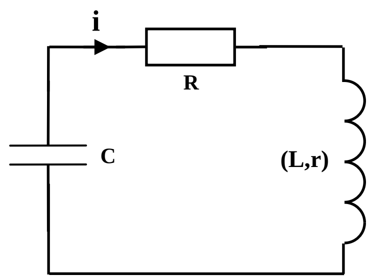


Figure 3

La courbe de la figure 4 représente l'évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur.

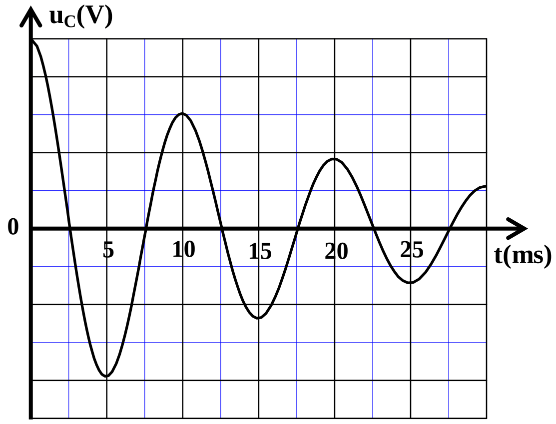


Figure 4

0,25 **1.** Quel est le régime d'oscillation mis en évidence par la courbe de la figure 4?

0,5 **2.** Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$.

0,5 **3.** Sachant que la pseudopériode est égale à la période propre, trouver la capacité C du condensateur. (On prend: $\pi^2 = 10$).

III - Entretien des oscillations dans un circuit RLC série

Pour entretenir les oscillations électriques dans le circuit précédent représenté sur la figure 3, on insère dans ce circuit un générateur G délivrant une tension proportionnelle à l'intensité du courant: $u_G(t) = k.i(t)$. (Figure 5).

La courbe de la figure 6 représente l'évolution de l'intensité i(t) dans le circuit dans le cas où $k = k_0$.

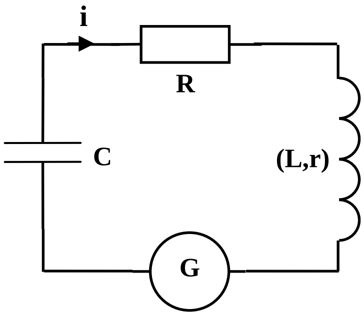


Figure 5

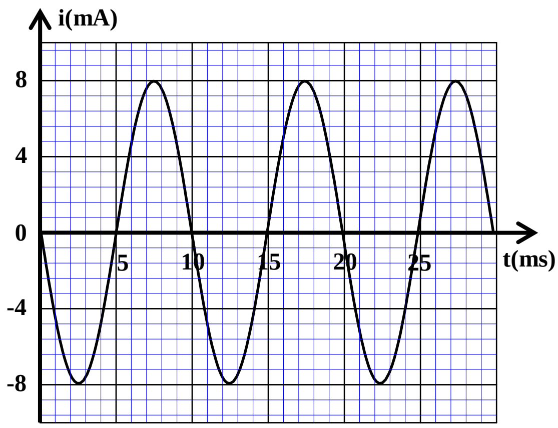


Figure 6

0,5 **1.** Trouver, dans le système international d'unités, la valeur de k_0.

0,75 **2 .** Sachant que l'expression de l'intensité i(t) dans le circuit s'écrit ainsi: $i(t) = I_m \cos(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi)$,

déterminer les valeurs de I_m , T_0 et φ .

0,5 **3.** Déterminer l'énergie totale E_t du circuit.

0,5 **4.** Trouver l'énergie électrique E_{e1} emmagasinée dans le condensateur à l'instant $t_1 = 16\,ms$.

EXERCICE V (2,5 points)

Etude du mouvement de chute verticale d'une bille dans un liquide visqueux

On se propose d'étudier le mouvement de la chute verticale, avec frottement fluide, dans un liquide visqueux d'une bille homogène de masse m.

A l'aide d'une caméra numérique et d'un logiciel adéquat, on suit l'évolution de la vitesse du centre d'inertie G de la bille lors de sa chute verticale dans un liquide visqueux.

On étudie le mouvement de G dans un référentiel terrestre supposé galiléen.

On repère la position de G, à chaque instant t, par son ordonnée y sur l'axe vertical $(O, \vec{j})$ orienté vers le bas (figure 1).

Les forces de frottement fluide exercées sur la bille sont modélisées par la force : $\vec{f} = -k.v.\vec{j}$; avec v la vitesse instantanée de G et k une constante positive.

On néglige la poussée d'Archimède par rapport aux autres forces exercées sur la bille.

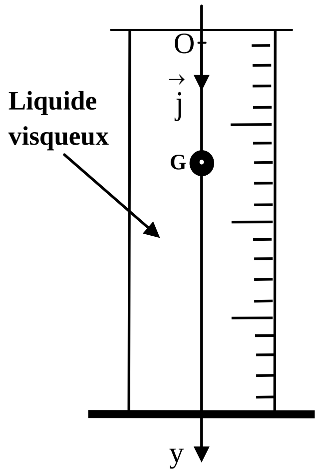


Figure 1

Données :

- accélération de la pesanteur : $g = 10\,m.s^{-2}$;
- $m = 2{,}5.10^{-2}$ kg .

0,5 **1.** En appliquant la deuxième loi de Newton sur la bille, montrer que l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie G s'écrit :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{k}{m} v = g .$$

0,25 **2.** Trouver l'expression de la vitesse limite v_ℓ de G en fonction de g , m et k .

0,25 **3.** La courbe de la figure 2 représente l'évolution de la vitesse v du centre d'inertie G de la bille.

Déterminer graphiquement la valeur de v_ℓ .

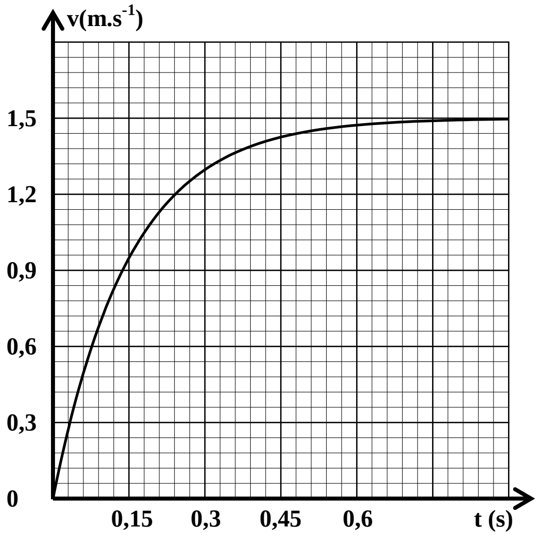


Figure 2

0,5 **4.** Vérifier que, dans le système international d'unités, l'équation différentielle du mouvement de G s'écrit ainsi: $\frac{dv}{dt} = 10 - 6{,}67\,v$.

5. A l'aide des données du tableau ci-contre et de la méthode d'Euler, calculer :

0,5 **5.1.** l'accélération a_1 à l'instant t_1.

0,5 **5.2.** la vitesse v_3 à l'instant t_3 sachant que le pas de calcul est: $\Delta t = 0{,}015\,s$.

t	v $(m.s^{-1})$	a $(m.s^{-2})$
/	/	/
t_1	0,150	$a_1 = ...$
t_2	0,285	8,10
t_3	$v_3 = ...$	/

Correction de l'examen national de la physique chimie session normale 2020
Section sciences expérimentales option physique chimie

Exercice I

Partie I : Etude d'une solution aqueuse d'ammoniac :

1- Dosage de la solution S_b :

1-1- L'équation de la réaction de dosage :

$$NH_{3\,(aq)} + H_3O^+_{(aq)} \longrightarrow NH_4^+{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

1-2- La relation entre: C_b, V_a , V_b et V_{bE} :

A l'équivalence on : $n_i(NH_3) = n_E(H_3O^+)$

$$\boxed{C_b.V_b = C_a.V_{aE}}$$

1-3-La valeurs de C_b :

$$C_b.V_b = C_a.V_{aE} \Longrightarrow \boxed{C_b = \frac{C_a.V_{aE}}{V_b}}$$

Graphiquement on : $V_{aE} = 15\ mL$

$$C_b = \frac{10^{-2} \times 15.10^{-3}}{15.10^{-3}} \Longrightarrow \boxed{C_b = 10^{-2}\ mol.L^{-1}}$$

Déduction de C_0 :

La solution S_0 est diluée 100 fois pour obtenir la solution S_b on écrit :

$$C_0 = 100.C_b \longrightarrow C_0 = 100 \times 10^{-2} \Longrightarrow \boxed{C_0 = 1\ mol.L^{-1}}$$

1-4- Le choix de l'indicateur coloré :

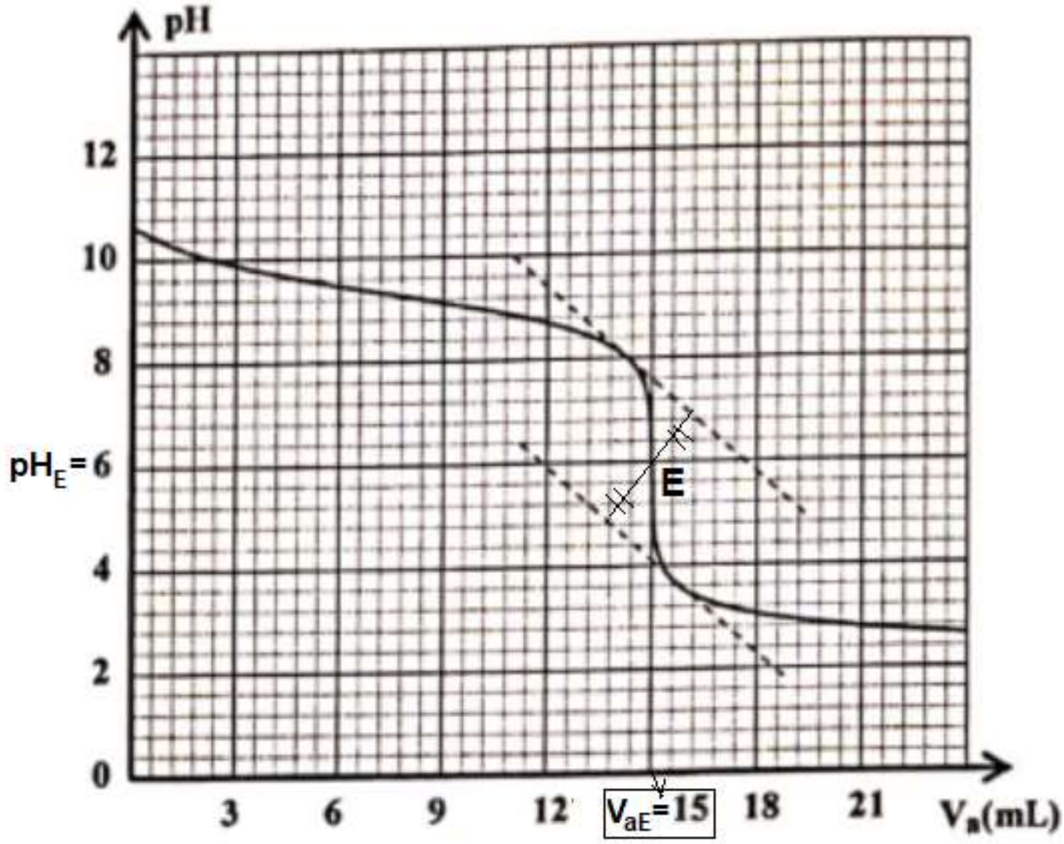


figure 1

Graphiquement à l'équivalence on a : $pH_E \approx 6$.

L'indicateur adéquat pour ce dosage est le rouge de méthyle car le pH à l'équivalence se trouve dans sa zone de virage → $4{,}2 < pH_E < 6{,}2$.

2- Etude de la solution S_b :

2-1- L'équation de la réaction de l'ammoniac et l'eau :

$$NH_{3\,(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows NH_4^+{}_{(aq)} + H_3O^+{}_{(aq)}$$

2-2- La concentration des ions HO^-:

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

$$K_e = [H_3O^+].[HO^-] \Rightarrow [HO^-] = \frac{K_e}{[H_3O^+]} \Rightarrow [HO^-] = \frac{K_e}{10^{-pH}} \Rightarrow \boxed{[HO^-] = 10^{pH}.K_e}$$

$$[HO^-] = 10^{10,6} \times 10^{-14} \Rightarrow \boxed{[HO^-] = 3{,}98.10^{-4}\ mol.L^{-1}}$$

2-3- Le taux d'avancement final :

L'expression de τ :

$$\tau = \frac{x_{éq}}{x_{max}}$$

Le tableau d'avancement :

Equation de la réaction		$NH_{3\,(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftarrows NH_{4\,(aq)}^{+} + H_3O^{+}_{(aq)}$			
Etat du système	Avancement	Quantité de matières en (mol)			
Etat initial	0	$C_b.V$	En excès	0	0
Etat intermédiaire	x	$C_b.V - x$	En excès	x	x
Etat final	$x_{éq}$	$C_b.V - x_{éq}$	En excès	$x_{éq}$	$x_{éq}$

D'après le tableau d'avancement : : $n_{éq}(HO^-) = x_{éq} = [HO^-].V$

Le réactif limitant est l'ammoniac (l'eau est en excès) : $C_b.V - x_{max} = 0 \Leftrightarrow x_{max} = C_b.V$

$$\tau = \frac{[HO^-].V}{C_b.V} = \frac{[HO^-]}{C_b} \Longrightarrow \tau = \frac{3{,}98.10^{-4}}{10^{-2}} = 3{,}98.10^{-2} \Longrightarrow \boxed{\tau = 3{,}98\ \%}$$

2-4-Vérification de $Q_{r,éq}$:

L'expression du quotient de la réaction à l'équilibre :

$$Q_{r,éq} = \frac{[NH_4^+]_{éq}.[HO^-]_{éq}}{[NH_3]_{éq}}$$

$$[NH_4^+]_{éq} = [HO^-]_{éq} = \frac{x_{éq}}{V} \quad ; \quad [NH_3]_{éq} = \frac{C_b.V - x_{éq}}{V} = C_b - \frac{x_{éq}}{V} = C_b - [HO^-]_{éq}$$

$$\boxed{Q_{r,éq} = \frac{{[HO^-]_{éq}}^2}{C_b - [HO^-]_{éq}}}$$

AN: $$Q_{r,éq} = \frac{(3{,}98.10^{-4})^2}{10^{-2} - 3{,}98.10^{-4}} \Longrightarrow \boxed{Q_{r,éq} = 1{,}65.10^{-5}}$$

2-5- La valeur du pK_A :

$$K_A = \frac{[NH_3]_{éq}.[H_3O^+]_{éq}}{[NH_4^+]_{éq}}.\frac{[HO^-]_{éq}}{[HO^-]_{éq}} = \frac{[NH_3]_{éq}}{[NH_4^+]_{éq}.[HO^-]_{éq}}.K_e \Longrightarrow K_A = \frac{K_e}{Q_{r,éq}}$$

$$\boxed{pK_A = -\log K_A = -\log\left(\frac{K_e}{Q_{r,éq}}\right)}$$

A.N : $$pK_A = -\log\left(\frac{10^{-14}}{1{,}65.10^{-5}}\right) = 9{,}22 \Longrightarrow \boxed{pK_A \approx 9{,}2}$$

Partie 2 : Etude de la pile argent-chrome :

1- L'anode de la pile :

La diminution de la masse de chrome explique l'oxydation de chrome (perte des électrons), qui se produit au niveau de l'anode

L'anode est l'électrode de chrome

2- Le schéma conventionnel de la pile :

$$(+)\ \ \mathbf{Ag_{(s)}/Ag^{+}_{(aq)}\ //\ Cr^{3+}_{(aq)}/Cr_{(s)}}\ \ (-)$$

3-Les équations aux électrodes et l'équation bilan :

Au niveau de l'anode : oxydation anodique : $Cr_{(s)} \rightleftarrows Cr^{3+}_{(aq)} + 3e^-$

Au niveau de la cathode : réduction cathodique : $Ag^{+}_{(aq)} + e^- \rightleftarrows Ag_{(s)}$

Equation bilan du fonctionnement de la pile : $3Ag^{+}_{(aq)} + Cr_{(s)} \rightleftarrows 3Ag_{(s)} + Cr^{3+}_{(aq)}$

4- La variation Δm de l'électrode de chrome :

Le tableau d'avancement :

Equation de réaction		$3Ag^{+}_{(aq)}$ +	$Cr_{(s)}$ ⇄	$3Ag_{(s)}$ +	$Cr^{3+}_{(aq)}$	$n(e^-)$
Etat du système	Avancement	Quantité de matière en (mol)				
Etat initial	0	$n_i(Ag^+)$	$n_i(Cr)$	$n_i(Ag)$	$n_i(Ag^+)$	0
Etat intermédiaire	x	$n_i(Ag^+) - 3x$	$n_i(Cr) - x$	$n_i(Ag) + 3x$	$n_i(Ag^+) + x$	3x

$$Q = n(e^-).F = 3x.F \implies x = \frac{Q}{3F}$$

$$\begin{cases} \Delta n(Cr) = -x \\ \Delta n(Cr) = \dfrac{\Delta m(Cr)}{M(Cr)} \end{cases} \implies \frac{\Delta m(Cr)}{M(Cr)} = -x \implies \Delta m(Cr) = -xM(Cr)$$

$$\boxed{\Delta m(Cr) = -\frac{Q.M(Cr)}{3F}}$$

$$\Delta m(Cr) = -\frac{5{,}79 \times 52}{3 \times 96500} = -1{,}04.10^{-3}\ g \implies \boxed{\Delta m(Cr) = -1{,}04\ mg}$$

Exercice II

Propagation des ondes

I –1- B

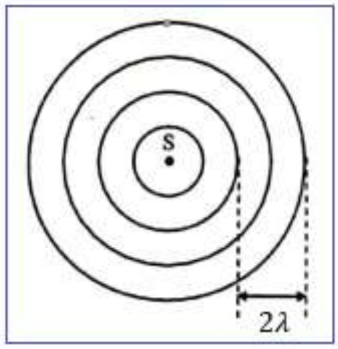
2- C

3- C

4- D

5- D

II – 1- La longueur d'onde λ :



La longueur d'onde λ est la distante entre deux crêtes consécutives :

$$1\text{cm} = 2\lambda \Longrightarrow \lambda = \frac{1}{2} = 0{,}5\ \text{cm} \Longrightarrow \boxed{\lambda = 5.10^{-3}\ \text{m}}$$

2- La fréquence N :

$$\text{V} = \lambda.\text{N} \Longrightarrow \boxed{\text{N} = \frac{\text{V}}{\lambda}} \Longrightarrow \text{N} = \frac{0{,}25}{5.10^{-3}} \Longrightarrow \boxed{\text{N} = 50\ \text{Hz}}$$

3- Le retard temporel τ :

$$\text{V} = \frac{\text{SM}}{\tau} = \frac{\text{d}}{\tau} \Longrightarrow \boxed{\tau = \frac{\text{d}}{\text{V}}}$$

$$\tau = \frac{5.10^{-2}}{0{,}25} \Longrightarrow \boxed{\tau = 0{,}2\ \text{s}}$$

Exercice III

1- L'équation de désintégration :

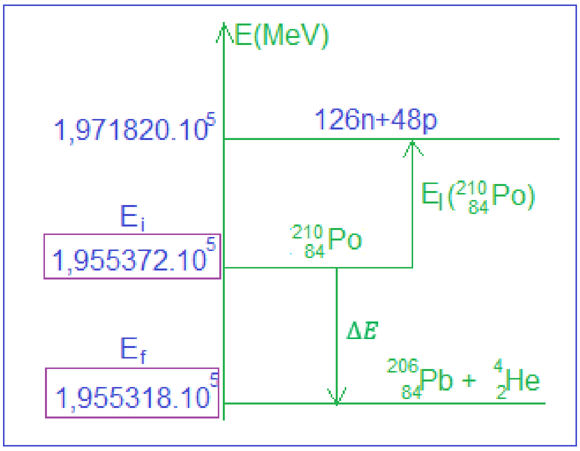
$$^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

Loi de Soddy : $\begin{cases} 210 = A + 4 \\ 84 = Z + 2 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} A = 210 - 4 \\ Z = 84 - 2 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} A = 206 \\ B = 82 \end{cases}$

$$^{A}_{Z}\text{Pb} = {}^{206}_{82}\text{Pb}$$

$$^{210}_{84}\text{Po} \longrightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + {}^{4}_{2}\text{He}$$

2-1-L'énergie libérée E_b :



$$E_{lib} = |\Delta E|$$

$$\Delta E = E_f - E_i = 1{,}955318.10^5 - 1{,}955372.10^5$$
$$= -5{,}4\ \text{MeV}$$

$$\boxed{E_{lib} = 5{,}4\ \text{MeV}}$$

2-2- Le défaut de masse Δm de polonium 210 :

L'énergie de liaison : $E_\ell({}^{210}_{84}\text{Po}) = \Delta m.c^2 \Longrightarrow \Delta m = \frac{E_\ell({}^{210}_{84}\text{Po})}{c^2}$

$$\Delta m = \frac{1{,}971820.10^5 - 1{,}955372.10^5}{c^2} = 1644{,}8\ \text{MeV}.c^{-2}$$

$$\Delta m = \frac{1644{,}8}{931{,}5} = 1{,}766\ \text{u} \Longrightarrow \Delta m = 1{,}766 \times 1{,}66.10^{-27} \Longrightarrow \Delta m \approx 2{,}93.10^{-27}\ \text{kg}$$

3- La constante radioactive λ :

$$\boxed{\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}} \Longrightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{138 \times 24 \times 3600} \Longrightarrow \boxed{\lambda = 5{,}81.10^{-8}\ s^{-1}}$$

4- L'instant t_1:

$$a_1 = a_0 . e^{-\lambda . t_1} \Longrightarrow \frac{a_1}{a_0} = e^{-\lambda . t_1} \Longrightarrow -\lambda . t_1 = \ln\left(\frac{a_1}{a_0}\right) \Longrightarrow t_1 = \frac{1}{\lambda} . \ln\left(\frac{a_1}{a_0}\right) \Rightarrow \boxed{t_1 = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} . \ln\left(\frac{a_0}{a_1}\right)}$$

$$t_1 = \frac{138}{\ln 2} \times \ln\left(\frac{3{,}5.10^{11}}{3{,}7.10^{4}}\right) = 3197{,}92\text{jours} \Longrightarrow \boxed{t_1 \approx 3198 \text{ Jours}}$$

Exercice **IV**

I – Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension :

1- L'équation différentielle vérifiée par $i(t)$:

D'après la loi d'additivité des tensions : $E = u_L + u_R$

Selon la loi d'ohm : $u_L = L . \frac{di}{dt} + r . i \ ; \ u_R = R . i$

$$L . \frac{di}{dt} + r . i + R . i = E \Longrightarrow L . \frac{di}{dt} + (R + r) . i = E$$

$$\boxed{\frac{di}{dt} + \frac{R + r}{L} . i = \frac{E}{L}}$$

2- La valeur de r :

En régime permanent on a :

$i = cst = I_0 \Longrightarrow \frac{di}{dt} = 0$ et la tension u_L s'écrit : $u_L(\infty) = r . I_0 \Longrightarrow r = \frac{u_L(\infty)}{I_0}$

D'après la courbe C_2 de la figure 2 on a : $u_L(\infty) = 1V$ et la courbe C_1 on trouve : $I_0 = 100$ mA.

$$\boxed{r = \frac{u_L(\infty)}{I_0}} = \frac{1}{100 \times 10^{-3}} \Longrightarrow \boxed{r = 10\ \Omega}$$

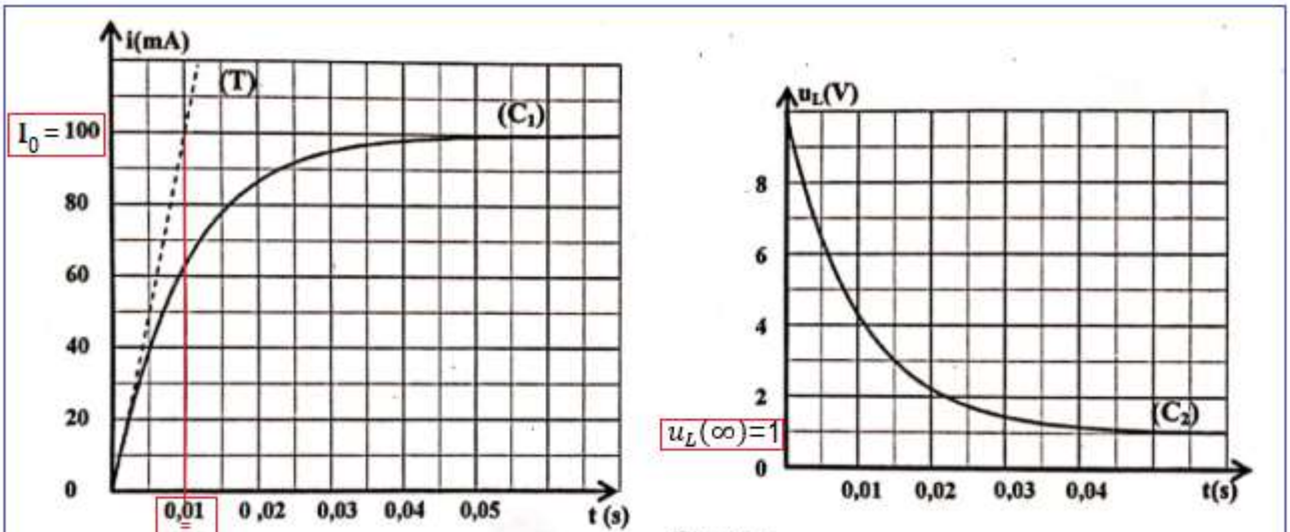


Figure 2

3- La vérification de la valeur de L :

D'après la courbe C_1 de la figure 2 graphiquement on a : $\tau = 0{,}01\ s$.

$\tau = \frac{L}{R+r} \Longrightarrow \boxed{L = (R + r).\tau}$ A.N : $L = (90 + 10) \times 0{,}01 \Longrightarrow \boxed{L = 1H}$

II – Décharge d'un condensateur dans un dipôle RL :

1- Le régime d'oscillation de la figure 4 :

Pseudopériodique (car l'amplitude des oscillations diminues progressivement au cours du temps).

2- L'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$:

D'après la loi d'additivité des tensions : $u_L + u_R + u_C = 0$

Selon la loi d'ohm : $u_L = L.\frac{di}{dt} + r.i\ ;\ u_R = R.i$

$$L.\frac{di}{dt} + (R + r).i + u_C = 0$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d(C.u_C)}{dt} = C.\frac{du_C}{dt} \Longrightarrow \frac{di}{dt} = \frac{d}{dt}\left(C.\frac{du_C}{dt}\right) = C.\frac{d}{dt}\frac{du_C}{dt} = C.\frac{d^2u_C}{dt^2}$$

$$L.C.\frac{d^2u_C}{dt^2} + (R + r).C.\frac{du_C}{dt} + u_C = 0 \Longrightarrow \boxed{\frac{d^2u_C}{dt^2} + \left(\frac{R + r}{L}\right).\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{L.C}u_C = 0}$$

3- La capacité du condensateur C :

L'expression de la période propre : $T_0 = 2\pi\sqrt{L.C}$

$$T_0^2 = 4\pi^2 L.C \Longrightarrow \boxed{C = \frac{T_0^2}{4\pi^2 L}}$$

Graphiquement la valeur de la pseudopériode :

$$T = 10\text{ ms}\text{, sachant que } T = T_0$$

$$C = \frac{(10 \times 10^{-3})^2}{4 \times 10 \times 1} = 2{,}5.10^{-6}\text{ F} \Longrightarrow \boxed{C = 2{,}5\ \mu\text{F}}$$

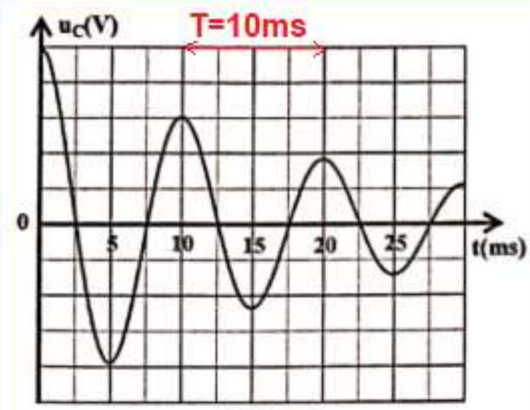


Figure 4

III – Entretient des oscillations :

1- La valeur de k_0 :

D'après la loi d'additivité des tensions : $u_L + u_R + u_C = u_G$

On a : $u_G = k_0.i = k_0.C.\frac{du_C}{dt}$

Selon la question $II - 2$ on a :

$$u_L + u_R + u_C = L.C.\frac{d^2u_C}{dt^2} + (R + r).C.\frac{du_C}{dt} + u_C$$

$$L.C.\frac{d^2u_C}{dt^2} + (R + r).C.\frac{du_C}{dt} + u_C = k_0.C.\frac{du_C}{dt}$$

$$\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{R + r - k_0}{L}.\frac{du_C}{dt} + \frac{1}{L.C}u_C = 0$$

Pour obtenir des oscillations sinusoïdales il faut que le facteur qui est responsable à l'amortissement soit nul : $\frac{R+r-k_0}{L} = 0 \Longrightarrow R + r - k_0 = 0 \Longrightarrow \boxed{k_0 = R + r}$

3- Les valeurs de I_m , T_0 et φ :

Graphiquement, selon la figure 6 : $\boxed{T_0 = 10\text{ ms}}$ et $\boxed{I_m = 8\text{ mA}}$

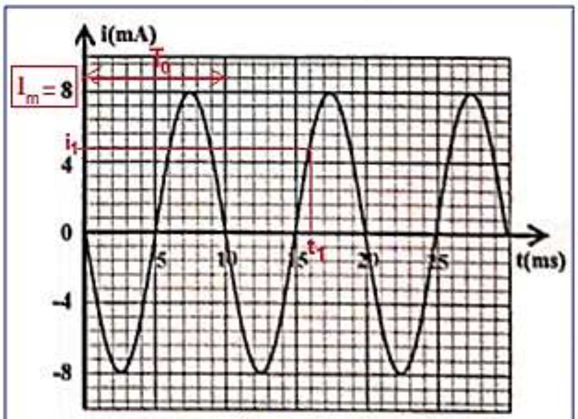


Figure 6

L'expression de l'intensité du courant :

$$I(t) = I_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi\right)$$

$$\frac{di}{dt} = -\frac{2\pi}{T_0}.I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T_0}.t + \varphi\right)$$

On détermine φ en utilisant les conditions initiales : $i(0) = 0$ et $\frac{di}{dt}(0) < 0$

$$\begin{cases} i(0) = I_m\cos\varphi \\ \frac{di}{dt}(0) - \frac{2\pi}{T_0}.I_m\sin\varphi \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} \cos\varphi = 0 \\ -\sin\varphi < 0 \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} \varphi = \frac{\pi}{2} \text{ ou } \varphi = -\frac{\pi}{2} \\ \sin\varphi > 0 \end{cases} \Longrightarrow \boxed{\varphi = \frac{\pi}{2}\text{ rad}}$$

3- L'énergie totale E_t :

Quand $u_C = 0$ on a $i = \pm I_m$

$$\boxed{E_T = \frac{1}{2} L.I_m^2} \Rightarrow E_T = \frac{1}{2} \times 1 \times (8.10^{-3})^2 \Rightarrow \boxed{E_T = 3{,}2.10^{-5}\,J}$$

4- L'énergie E_{e1} emmagasinée dans le condensateur à t_1 :

L'énergie totale du circuit à l'instant t_1 :

$$E_T = E_{m1} + E_{e1} \quad \Rightarrow E_{e1} = E_T - E_{m1} \Rightarrow \boxed{E_{e1} = E_T - \frac{1}{2} L.i_1^2}$$

Graphiquement selon la figure 6 à $t_1 = 16\ ms$, on trouve : $i_1 = 4{,}8\ mA$

$$E_{e1} = 3{,}2.10^{-5} - \frac{1}{2} \times 1 \times (4{,}8.10^{-3})^2 2{,}048.10^{-5} J$$

$$\boxed{E_{e1} \approx 2{,}05.10^{-5}\ J}$$

Exercice V

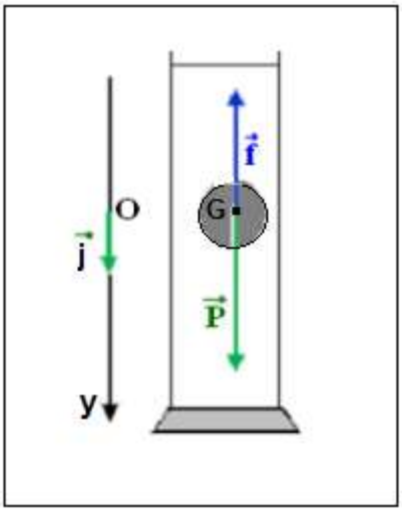
1- L'équation différentielle du mouvement :

Le système étudié : {la bille}

Bilan des forces :

$\vec{P}$: Poids de la bille

$\vec{f}$: Force de frottement fluide



On applique la deuxième loi de Newton dans un repère terrestre considéré galiléen :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m.\vec{a}_G \iff \vec{P} + \vec{f} = m.\vec{a}_G$$

Projection sur l'axe $(O, \vec{j})$:

$$P - f = m.a_G$$

$$m.g - k.V = m.\frac{dV}{dt} \Rightarrow \boxed{\frac{dV}{dt} + \frac{k}{m}.V = g}$$

2-Lexpression de la vitesse limite V_ℓ :

Quand la bille atteint sa vitesse limite, la vitesse reste constante $V = V_\ell =$ cte donc : $\frac{dV}{dt} = 0$ l'équation différentielle s'écrit : $\frac{k}{m}.V_\ell = g$ on déduit : $\boxed{V_\ell = \frac{m.g}{k}}$

3- La détermination graphique de V_ℓ :

Graphiquement, selon la figure 2, en régime permanant la vitesse limite de la bille est : $\boxed{V_\ell = 1,5\ m.s^{-1}}$

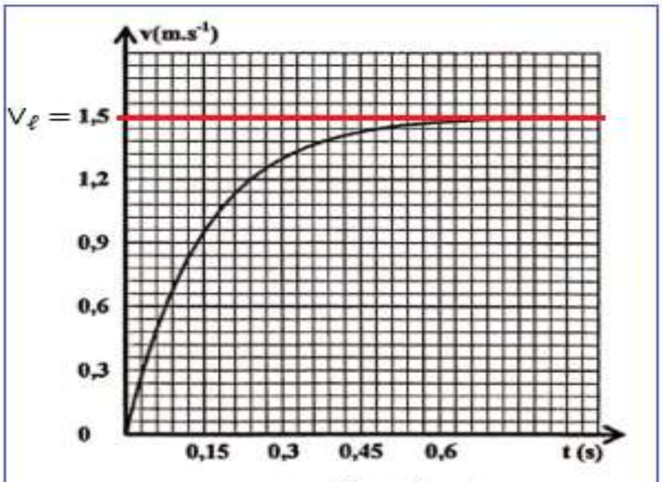


Figure 2

4- La vérification de l'équation différentielle :

L'équation différentielle : $\frac{dV}{dt} = g - \frac{k}{m}.V$

On a : $V_\ell = \frac{g.m}{k} \Rightarrow \frac{V_\ell}{g} = \frac{m}{k} \Rightarrow \frac{k}{m} = \frac{g}{V_\ell}$, on remplace dans l'équation différentielle : $\frac{dV}{dt} = g - \frac{V_\ell}{g}.V$

A.N: $\frac{dV}{dt} = 10 - \frac{10}{1,5}.V \Rightarrow$ $\boxed{\frac{dV}{dt} = 10 - 6,67.V}$

5-1- L'accélération a_1 à t_1 :

L'équation différentielle : $a_i = 10 - 6,67\ V_i \Rightarrow a_1 = 10 - 6,67\ V_1$

A.N : $a_1 = 10 - 6,67 \times 0,150 \Rightarrow$ $\boxed{a_1 = 9,00 m.s^{-2}}$

5-2- La vitesse V_3 à t_3 :

D'après la méthode d'Euler : $V_{i+1} = a_i.\Delta t + V_i \xrightarrow{i=2} V_3 = a_2.\Delta t + V_2$

A.N : $V_3 = 8,10 \times 0,015 + 0,285 \Rightarrow$ $\boxed{V_3 \approx 0,406\ m.s^{-1}}$